

19 BUNDESREPUBLIK

DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift

10 DE 43 37 443 A 1

51 Int. Cl. 6:

B 60 C 23/00

G 01 L 17/00

G 01 L 19/00

D1

21 Aktenzeichen: P 43 37 443.3

22 Anmeldetag: 3. 11. 93

43 Offenlegungstag: 4. 5. 95

P 7575

DE 43 37 443 A 1

71 Anmelder:

ITT Automotive Europe GmbH, 60488 Frankfurt, DE

72 Erfinder:

Latarnik, Michael, Dr., 61381 Friedrichsdorf, DE;  
Ehmer, Norbert, 65760 Eschborn, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit  
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 42 28 894 A1

DE 39 15 879 A1

DE 32 36 520 A1

FR 25 68 519 A1

US 51 92 929

US 48 76 528

US 35 81 277

EP 04 66 535 A1

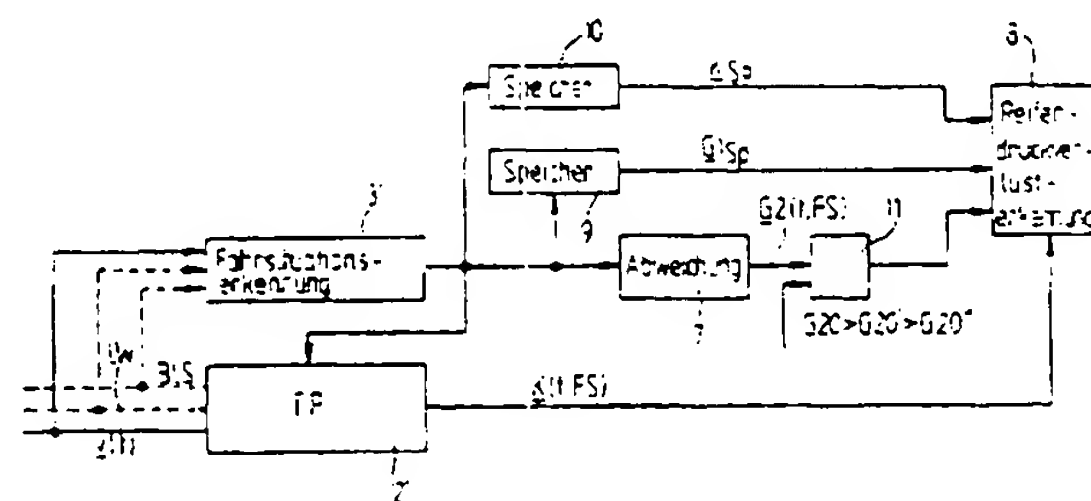
SU 15 32 823 A1

WILLIAMS, Roger: DWS-ein neues  
Druckverlust-Warn-system für Automobilreifen. In:  
ATZ Automobiltech-nische  
Zeitschrift 94,6,1992,S.336-340;

54 Verfahren und Schaltungsanordnung zur Reifendrucküberwachung

57 Ein Verfahren zur Reifendrucküberwachung durch Vergleich und Auswerten der Drehgeschwindigkeiten der einzelnen Fahrzeugräder beruht auf der Bildung von Geschwindigkeitskorrekturfaktoren ( $K(t, FS)$ ). In einer Lernphase (Phase 1) werden die Werte der einzelnen Korrekturfaktoren, Korrelationen zwischen den Korrekturfaktoren für typische Fahrsituationen (FS) und von der jeweiligen Fahrsituation abhängige Toleranzen ( $G1(t, FS)$ ) für die Korrekturfaktoren ermittelt. In einer anschließenden Identifizierungsphase werden die Abweichungen ( $G2(t)$ ) der Korrekturfaktoren von den gelernten Werten unter Berücksichtigung der von der Fahrsituation abhängigen Toleranzen

( $G1(t, FS)$ ) und dem Fortschritt des Lernverfahrens festgestellt und bewertet. Reifendruckverlust wird signalisiert, wenn für ein Rad (Rad x) der während der Identifizierungsphase (Phase 2) ermittelte aktuelle Geschwindigkeitskorrekturfaktor ( $K_x(t, FS)$ ) unter Berücksichtigung der aktuellen Abweichung ( $G2_x(FS)$ ) kleiner wird als der bereits gelernte Geschwindigkeitskorrekturfaktor ( $K_{Sp,x}(FS)$ ) unter Berücksichtigung der für die aktuelle Fahrsituation bereits ermittelten Toleranz ( $G1_{Sp,x}(FS)$ ).



DE 43 37 443 A 1

## Beschreibung

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren zur Reifendrucküberwachung durch Messen, Vergleichen und Auswerten der Drehgeschwindigkeiten der einzelnen Fahrzeugräder. Eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens gehört ebenfalls zur Erfindung.

Aus den US-Patentschriften Nr. 4 876 528 und 5 192 929 sind bereits Verfahren zum Erkennen von Reifendruckverlust bekannt, die auf dem Messen und Vergleichen der Drehgeschwindigkeiten der einzelnen Fahrzeugräder beruhen. Im Prinzip wird nach beiden Schriften die Drehgeschwindigkeiten der diagonalen Räder summiert und die Differenz beider Summen ermittelt. Wenn diese Differenz zwischen 0,05% und 0,60% des Mittelwerts beider Summen liegt, darf die Drehgeschwindigkeit jedes einzelnen Rades, solange genügender Reifendruck vorhanden ist, höchstens um 0,1% von der mittleren Geschwindigkeit aller vier Räder abweichen. Bei größerer Abweichung wird Druckverlust signalisiert.

Die Genauigkeit dieser bekannten Verfahren läßt zu wünschen übrig. Wird ein Reserverad oder "Notrad" mit abweichendem Durchmesser montiert, versagt die Methode vollständig.

Es sind noch weitere, im Prinzip auf dem gleichen Algorithmus basierende Verfahren bekannt US-PS 35 81 277, JP 63-305011(A), FR-25 685 19-A).

Es ist auch bereits aus der DE 39 15 879 A1 ein Verfahren zum Auswerten der Geschwindigkeitssignale, die das Drehverhalten der einzelnen Räder eines Fahrzeugs wiedergeben, bekannt, bei dem für jedes Rad ein Geschwindigkeitskorrekturfaktor ermittelt wird. Die Multiplikation der momentanen Radgeschwindigkeit mit dem Geschwindigkeitskorrekturfaktor ergibt eine gemeinsame Basisgeschwindigkeit, die z. B. aus der Geschwindigkeit des momentan langsamsten Rades abgeleitet ist. Die mit dem zugehörigen Korrekturfaktor multiplizierte Radgeschwindigkeit wird dann anstelle der tatsächlichen Radgeschwindigkeit der weiteren Signalverarbeitung zugrunde gelegt. Das Verfahren dient zur Ermittlung des Raddrehverhaltens im Rahmen einer Blockierschutzregelung.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zur Reifendrucküberwachung zu schaffen, das sich durch höhere Genauigkeit und Zuverlässigkeit im Vergleich zu den bekannten Verfahren auszeichnet und das auch dann anwendbar ist, wenn Reifen montiert sind, die infolge von Fertigungstoleranzen, ungleichmäßiger Abnutzung oder dergl. oder weil sie nur als Notrad dienen, unterschiedlichen Abrollumfang aufweisen.

Es hat sich gezeigt, daß diese Aufgabe durch das im Anspruch 1 beschriebene Verfahren gelöst werden kann, dessen Besonderheit darin besteht, daß für die einzelnen Fahrzeugräder Geschwindigkeitskorrekturfaktoren gebildet werden, die multipliziert mit der Radgeschwindigkeit eine Basisgeschwindigkeit ergeben,

wobei in einer Lernphase die Werte der einzelnen Korrekturfaktoren ermittelt, Korrelationen zwischen den Korrekturfaktoren für typische Fahrsituationen festgestellt und von der jeweiligen Fahrsituation abhängige Bandbreiten bzw. "Toleranzen" für die Korrekturfaktoren ermittelt werden, daß in einer Identifizierungsphase die Abweichungen der Korrekturfaktoren von den gelernten Werten unter Berücksichtigung der von der Fahrsituation abhängigen Toleranzen und dem Fortschritt des

Lernverfahrens festgestellt und bewertet werden und daß Reifendruckverlust signalisiert wird, wenn für ein Rad der aktuelle Korrekturfaktor unter Berücksichtigung der aktuellen Abweichung kleiner wird als der für die aktuelle Fahrsituation in der Lernphase für das betreffende Rad bereits ermittelte Geschwindigkeitskorrekturfaktor unter Berücksichtigung der für die aktuelle Fahrsituation während der Lernphase bereits ermittelten Toleranz.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Reifendrucküberwachung beruht also auf dem Bilden und Auswerten von Geschwindigkeitskorrekturfaktoren, die gewissermaßen die Unterschiede im Durchmesser der einzelnen Räder ausgleichen, und in einer Gliederung des Verfahrens in eine Lern- und eine Identifizierungsphase. Dabei werden zuerst die Werte der einzelnen Korrekturfaktoren und Korrelationen zwischen diesen Faktoren in typischen Fahrsituationen, z. B. Geradeausfahrt oder Kurvenfahrt, gelernt. An die Lernphase schließt sich die Identifizierungsphase an, in der die Abweichungen von den gelernten Korrekturfaktoren unter Berücksichtigung der Fahrsituation bewertet werden. Sobald das Lernverfahren so weit fortgeschritten ist, daß die Größe des Korrekturfaktors sehr genau festliegt und eine Fahrsituation — z. B. normale Geradeausfahrt — herrscht, in der bei intakten Reifen nur geringe Abweichungen der Korrekturfaktoren möglich sind, läßt sich Reifendruckverlust bzw. die dadurch eintretende Durchmesserverringerung sehr genau erkennen.

Nach einem vorteilhaften Ausführungsbeispiel der Erfindung wird Raddruckverlust signalisiert, wenn für ein Rad die folgende Bedingung erfüllt ist

$$K_x(t, FS) + G_{2x}(t, FS) < K_{Sp,x}(FS) - G_{1Sp,x}(FS),$$

wobei bedeuten:

$x$  = Rad 1, Rad 2, Rad 3, Rad 4

$FS$  = Fahrsituation

$K_x(t, FS)$  = in der Identifizierungsphase (Phase 2) für das Rad  $x$  ermittelter aktueller Korrekturfaktor

$K_{Sp,x}(FS)$  = für die aktuelle  $FS$  erwarteter, in der Phase 1 bereits ermittelter Geschwindigkeitskorrekturfaktor für das Rad  $x$

$G_{1Sp,x}(FS)$  = für die aktuelle  $FS$  in der Phase 1 bereits ermittelte Toleranz

$G_{2x}(t, FS)$  = aktuelle Abweichung für das Rad  $x$  in der Phase 2.

Als typische Fahrsituationen, in denen Korrelationen zwischen den Korrekturfaktoren ermittelt und ausgewertet werden, gelten beispielsweise eine oder mehrere der folgenden Situationen:

Kurvenfahrt, Geradeausfahrt, hohe Fahrzeugbeschleunigung oder -verzögerung, schlechte Wegstrecke, hoher Antriebs- oder Bremsschlupf, Hoch- oder Niedrigreibwert, unterschiedlicher Reibbeiwert rechts/links usw.

Aussagefähige Korrelationen werden z. B. durch paarweisen, achsweisen, diagonalen, seitenweisen Vergleich der Korrekturfaktoren, d. h. durch alle oder durch einige dieser Maßnahmen, gebildet.

Die Bewertung der Korrekturfaktor-Toleranzen erfolgt zweckmäßigerweise nach Genauigkeitswerten, die in der Lernphase ermittelt werden. Die Empfindlichkeitsschwellen, die zur Druckverlustsignalisierung führen, wenn die Abweichungen diese Schwellen überschreiten, werden nach einem Ausführungsbeispiel der Erfindung in Abhängigkeit von der Fahrsituation oder in Abhängigkeit von der Fahrsituation und dem Lern-

Fortschritt variiert.

Weiterhin ist erfindungsgemäß vorgesehen, die Lernphase durch vorgegebene Geschehnisse, wie Radmontage, Reset-Signal, und/oder durch regelmäßig wiederkehrende Ereignisse, wie Fahrzeug- oder Motorstart, Ablauf einer vorgegebenen Zeitspanne usw., in Lauf zu setzen.

Nach einem Ausführungsbeispiel wird die Lernphase abgeschlossen, wenn die Korrekturfaktoren eine vorgegebene Genauigkeitsschwelle erreicht haben, und zwar entweder unter Berücksichtigung der jeweiligen Fahrsituation oder unter der Voraussetzung idealer Bedingungen.

Die Identifizierungsphase wird erst nach Abschluß der Lernphase oder, sobald in der Lernphase eine Mindest-Genauigkeitsschwelle erreicht ist, gestartet.

Es können nach einem weiteren Ausführungsbeispiel der Erfindung mehrere Genauigkeitsschwellen vorgegeben werden, wobei die Empfindlichkeitsschwelle in Abhängigkeit von der in der Lernphase erreichten Genauigkeitsschwelle variiert wird.

Eine Schaltungsanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens ist mit einer Tiefpaß-Filterschaltung ausgerüstet, der zur Bildung der Geschwindigkeitskorrekturfaktoren auf Basis der Radgeschwindigkeitssignale dient und deren Dämpfungsscharakteristik in Abhängigkeit von der Fahrsituation, die das Ausgangssignal eines Fahrsituationserkennungskreises wiedergibt, veränderbar ist. Außerdem sind Schaltkreise zur Ermittlung der von der Fahrsituation abhängigen Toleranzen und Schaltkreise zur Ermittlung der Abweichungen von den gelernten Geschwindigkeitskorrekturwerten vorhanden.

Weitere Merkmale, Vorteile und Anwendungsmöglichkeiten der Erfindung gehen aus den folgenden Erläuterungen von Details anhand der beigefügten Schaltungen hervor.

Es zeigen

Fig. 1 schematisch die wichtigsten Komponenten einer Schaltungsanordnung zur Durchführung des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig. 2 in vereinfachter Darstellung schematisch die wichtigsten Stufen einer ersten Phase (Lernphase) des Verfahrens nach der Erfindung und

Fig. 3 in gleicher Darstellungsweise die zweite Phase bzw. Identifizierungsphase des Verfahrens nach der Erfindung.

In Fig. 1 sind mit VR, VL, HR, HL die vier Räder eines Kraftfahrzeugs symbolisiert. Jedes Rad ist mit einem Radsensor S1 bzw. S2 bis S4 ausgerüstet, der ein Signal liefert, dessen Frequenz und/oder Amplitude die Geschwindigkeit des jeweiligen Rades wiedergibt.

Zur Aufbereitung und Auswertung der Sensorsignale und zur Erzeugung eines Warnsignals dient eine elektronische Schaltungsanordnung 1, die außer den Eingängen E1 – E4 für die Signale der Sensoren S1 bis S4 noch weitere Eingänge E5, E6, En zur Aufnahme zusätzlicher, für das Reifendrucküberwachungsverfahren oder für den Start des Verfahrens benötigter Informationen besitzt. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel ist an einen Eingang E5 ein Lenkwinkelsensor LW angeschlossen, der ein zur Unterscheidung von Kurvenfahrt und Geradeausfahrt wichtiges Signal liefert. Ein Eingang E6 für einen Bremslichtschalter BLS ist ebenfalls angedeutet. Weitere Eingänge En dienen zum Anschluß weiterer Sensoren, externer Speicher für bereits gelernte Werte usw., je nach Ausführungs- und Anwendungsart der Erfindung.

Bei Fahrzeugen mit Blockierschutz- oder Antriebs-schlupfregelungssystemen sind Radsensoren der beschriebenen Art und elektronische Schaltungsanordnungen zur Auswertung und Verarbeitung der Signale ohnehin vorhanden, die für die Reifendrucküberwachung zumindest teilweise mitverwendet werden können. Der erforderliche Zusatzaufwand für die erfindungsgemäße Reifendrucküberwachung wird beim Vorhandensein solcher Regelungssysteme minimal.

Fig. 2 dient zur Veranschaulichung der Phase 1, d. h. der Lernphase, des erfindungsgemäßen Verfahrens. Hierzu werden einer Tiefpaß-Filterschaltung 2 die mit Hilfe der Radsensoren S1 bis S4, siehe Fig. 1, gewonnenen und aufbereiteten Radgeschwindigkeitssignale  $v(t)$  zugeführt. Mit Hilfe solcher Filterschaltungen werden in an sich bekannter Weise, wie dies in der eingangs genannten DE 39 15 879 A1 beschrieben ist, Geschwindigkeitskorrekturfaktoren  $K(t)$  ermittelt, die ein Maß sind für die Abweichung der Radgeschwindigkeiten der einzelnen Räder von einer Basisgeschwindigkeit. Die Geschwindigkeitskorrekturfaktoren sind definitionsgemäß Werte, die multipliziert mit der jeweiligen Radgeschwindigkeit die Basisgeschwindigkeit ergeben. Es kann eine für alle Räder gemeinsame Basisgeschwindigkeit gebildet werden. Die Korrekturfaktoren werden dabei in einem Lernverfahren ermittelt, bei dem in jedem Rechenzyklus die Änderung gegenüber dem vorangegangenen Zyklus festgestellt und zur Korrektur des bisherigen Geschwindigkeitskorrekturfaktors ausgewertet wird.

Erfindungsgemäß werden nun, wie Fig. 2 zeigt, die Geschwindigkeitskorrekturfaktoren  $K(t, FS)$  mit Hilfe einer Tiefpaß-Filterschaltung 2 gewonnen, deren Dämpfungsscharakteristik eine Funktion der Fahrsituation ist; die vektorielle Schreibweise

$$\underline{K}(t, FS) = \begin{bmatrix} K_1(t, FS) \\ K_2(t, FS) \\ K_3(t, FS) \\ K_4(t, FS) \end{bmatrix}$$

bringt zum Ausdruck, daß für jedes Rad ein individueller Geschwindigkeitskorrekturwert gilt.

In einer Schaltung 3 zur Fahrsituationserkennung wird aus den Geschwindigkeitssignalen  $v(t)$  der einzelnen Räder – im vorliegenden Beispiel unter Zuhilfenahme weiterer, über gestrichelte Leitungen 4 und 5 zugeführter Informationen – erkannt, ob Kurvenfahrt, Geradeausfahrt, Niedrigreibbeiwert oder Hochreibbeiwert, Brems- oder Antriebsschlupf oder eine andere typische Fahrsituation vorliegt. Das Fahrsituationserkennungssignal wird zum einen der Tiefpaß-Filterschaltung 2 und zum anderen einem Schaltkreis 6, der zur Ermittlung oder Abschätzung von fahrsituationsabhängigen Bandbreiten bzw. "Toleranzen"  $G(t, FS)$  für die Geschwindigkeitskorrekturfaktoren dient, zugeleitet.

In der Filterschaltung 2 werden die Korrekturfaktoren  $K(t, FS)$  der einzelnen Räder in einem Lernprozeß gebildet. Der Lernprozeß ist dabei abhängig von der Fahrsituation FS. Beispielsweise ist bei Geradeausfahrt mit normaler Beschleunigung, also außerhalb der Phasen hohen Brems- oder Anfahrtschlupfes, ein schnelleres Lernen der Korrekturfaktoren als bei einer Kurven-



fahrt, bei schlechter Wegstrecke oder dergl. gegeben. Es gilt ganz allgemein die Formel

$$K_i(n+1) = K_i(n) + L(V_{\text{Basis}i} - K_i(n) \times V_i)$$

" $K_i$ " ist der Korrekturfaktor für das Rad "i", "n" und "n+1" symbolisieren zwei aufeinanderfolgende Abtastvorgänge. "L" ist dabei der fahrsituationsabhängige Parameter, der z. B. bei Geradeausfahrt " $10^{-5}$ " ist und in anderen, ungünstigen Situationen (Kurven, schlechte Wegstrecke Ausw.) sehr viel kleiner wird, z. B.  $10^{-5}$  oder  $10^{-8}$ .

Zwischen den Geschwindigkeitssignalen  $v(t)$  oder Korrektursignalen  $K(t)$  der einzelnen Räder werden erfindungsgemäß Korrelationen für die typischen Fahrsituationen ermittelt. Hierzu werden beispielsweise die Räder paarweise, diagonal, seitenweise, achsweise usw. verglichen. Dies geschieht in dem Schaltkreis 6. Die ermittelten oder geschätzten Toleranzen  $G1(t,FS)$  sind daher eine Funktion der jeweiligen Fahrsituation und des Fortschritts (t) der Lernphase unter Berücksichtigung der vorgegebenen Korrelationen zwischen den Korrekturfaktoren  $K(t)$  oder zwischen den Radgeschwindigkeiten  $v(t)$ .

Die Lernphase wird abgeschlossen, wenn die Korrekturfaktoren  $K(t,FS)$  unter Berücksichtigung der jeweiligen Fahrsituation eine bestimmte Genauigkeitsschwelle  $G10$  erreicht haben. Es ist auch möglich, mehrere Genauigkeitsschwellen  $G10$ ,  $G10'$ ,  $G10''$  ... zu definieren und die anschließende Identifizierungsphase zu starten, sobald in der Lernphase eine Mindest-Genauigkeitsschwelle  $G10$  erreicht wird. Beim Erreichen der nächst höheren Genauigkeitsschwelle  $G10'$  wird dann die Empfindlichkeitsschwelle angehoben, so daß bereits kleinere Luftdruckdifferenzen oder Korrekturfaktordifferenzen zur Anzeige von Reifendruckverlust führen.

An die Lernphase schließt sich die in Fig. 3 dargestellte Identifizierungsphase an (Phase 2). Die Fahrsituationserkennung mit Hilfe einer Schaltung 3' und die Bildung der Geschwindigkeitskorrekturfaktoren  $K(t,FS)$  mit Hilfe einer Tiefpaß-Filterschaltung 2' auf Basis der Radgeschwindigkeitssignale  $v(t)$  und ggf. weiterer Informationen gleicht oder ähnelt den entsprechenden Schritten in der Lernphase nach Fig. 2. Die Abweichungen  $G2(t,FS)$  der aktuellen Korrekturfaktoren  $K(t,FS)$  von den bereits gelernten Werten unter Berücksichtigung der Fahrsituation werden in einem Schaltkreis 7 ermittelt oder abgeschätzt. Die aktuellen Abweichungen  $G2(t,FS)$  werden in einem Vergleich 11 mit Empfindlichkeitsschwellen  $G20$ ,  $G20'$ ,  $G20''$  verglichen und einer Auswerteschaltung 8 zugeführt. In der Auswerteschaltung 8 werden die aktuellen Geschwindigkeitskorrekturwerte  $K(t,FS)$  der einzelnen Räder unter Berücksichtigung der aktuellen Abweichung  $G2(t,FS)$  mit bereits erlernten, d. h. in der Lernphase für die momentane Fahrsituation ermittelten Geschwindigkeitskorrekturfaktoren  $K_{Sp}$  unter Berücksichtigung der ebenfalls bereits gelernten, momentanen Toleranz  $G1$  verglichen. Die gelernten Werte  $K_{Sp}$  und  $G1_{Sp}$  werden Speichern 9 und 10 entnommen. Die Auswerteschaltung 8 schließt aus den ihr zugeführten Signalen auf Reifendruckverlust, wenn für ein Rad (Rad x) die Bedingung

$$K_x(t,FS) + G2_x(t,FS) < K_{TSp,x}(FS) G1_{TSp,x}(FS),$$

erfüllt ist. Hierbei bedeuten die einzelnen Ausdrücke:

x = Rad 1, Rad 2, Rad 3, Rad 4

FS = Fahrsituation

$K_x(t,FS)$  = während der Identifizierungsphase (Phase 2) für das Rad x ermittelter aktueller Geschwindigkeitskorrekturfaktor

(FS) = in momentaner FS erwarteter, in der Phase 1 bereits ermittelter Geschwindigkeitskorrekturfaktor für das Rad x

$G1_{Sp,x}(FS)$  = für die aktuelle FS während der Phase 1 bereits ermittelte Toleranz

$G2_x(t,FS)$  = während der Phase 2 aktuelle Abweichung für das Rad x.

Die Speicher 9, 10 werden zweckmäßigerweise bei jedem Radwechsel zurückgestellt. Dies kann der Werkstatt vorbehalten bleiben, oder es ist ein Handschalter zum Zurückstellen vorgesehen. Die Empfindlichkeit der Reifendrucküberwachung wächst dann in Abhängigkeit von dem Lernprozeß, unter Berücksichtigung der jeweiligen Fahrsituation.

Die Abweichungen  $G2(t,FS)$  werden mit vorgegebenen Empfindlichkeitsschwellen  $G20$ ,  $G20'$ ,  $G20''$  usw. verglichen. Die Schwelle  $G20$  gilt beim Erreichen einer Mindest-Genauigkeitsschwelle ( $G10$ ) der Geschwindigkeitskorrekturfaktoren  $K(t,FS)$ . Wurde bereits eine höhere Genauigkeit "gelernt", gilt  $G20'$ , bei noch höherer Genauigkeit  $G20''$  usw.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Reifendrucküberwachung durch Messen, Vergleichen und Auswerten der Drehgeschwindigkeiten der einzelnen Fahrzeuigräder, dadurch gekennzeichnet,

— daß für die einzelnen Fahrzeuigräder Geschwindigkeitskorrekturfaktoren ( $K(t)$ ) gebildet werden, die multipliziert mit der Radgeschwindigkeit eine Basisgeschwindigkeit ergeben,

— wobei in einer Lernphase (Phase 1) die Werte der einzelnen Korrekturfaktoren ( $K(t)$ ) ermittelt,

— Korrelationen zwischen den Korrekturfaktoren ( $K(FS)$ ) für typische Fahrsituationen (FS) festgestellt und

— von der jeweiligen Fahrsituation abhängige Bandbreiten bzw. "Toleranzen" ( $G1(t,FS)$ ) für die Korrekturfaktoren ( $K(t,FS)$ ) bestimmt werden,

— daß in einer Identifizierungsphase (Phase 2) die Abweichungen ( $G2(t)$ ) der Korrekturfaktoren von den gelernten Werten unter Berücksichtigung der von der Fahrsituation abhängigen Toleranzen ( $G1(t,FS)$ ) und dem Fortschritt (t) des Lernverfahrens festgestellt und bewertet werden und

— daß Reifendruckverlust signalisiert wird, wenn für ein Rad (Rad x) der aktuelle Korrekturfaktor ( $K_x(t,FS)$ ) unter Berücksichtigung der aktuellen Abweichung ( $G2_x(t,FS)$ ) kleiner wird als der für die aktuelle Fahrsituation (FS) in der Lernphase (Phase 1) für das betreffende Rad (Rad x) bereits ermittelte Geschwindigkeitskorrekturfaktor ( $K_{Sp,x}(FS)$ ) unter Berücksichtigung der für die aktuelle Fahrsituation während der Lernphase bereits ermittelten Toleranz ( $G1_{Sp,x}(FS)$ ).

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß Reifendruckverlust signalisiert wird,

wenn für ein Rad (Rad  $x$ ) die folgende Bedingung erfüllt ist:

$$K_x(t, FS) + G_{2x}(t, FS) < K_{Sp,x}(FS) - G_{1Sp,x}(FS),$$

wobei bedeuten:

$x$  = Rad 1, Rad 2, Rad 3, Rad 4

FS = Fahrsituation

$K_x(t, FS)$  = in der Identifizierungsphase (Phase 2) für das Rad  $x$  ermittelter aktueller Korrekturfaktor

$K_{Sp,x}(FS)$  = für die aktuelle FS in der Phase 1 bereits ermittelter Korrekturfaktor für das Rad  $x$

$G_{1Sp,x}(FS)$  = für die aktuelle FS in der Phase 1 bereits ermittelte Toleranz

$G_{2x}(t, FS)$  = aktuelle Abweichung für das Rad  $x$  in der Phase 2.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß als typische Fahrsituationen, in denen Korrelationen zwischen den Korrekturfaktoren ( $K(t, FS)$ ) ermittelt und ausgewertet werden, eine oder mehrere der folgenden Situationen erkannt werden: Kurvenfahrt, Geradeausfahrt, hohe Fahrzeugbeschleunigung oder -Verzögerung, schlechte Wegstrecke, hoher Antriebs- oder Bremschlupf, Hoch- oder Niedrigreibbeiwert, unterschiedlicher Reibbeiwert rechts/links usw.

4. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Korrelationen durch paarweisen, achsweisen, diagonalen und/oder seitenweisen Vergleich der Radgeschwindigkeiten ( $v(t)$ ) oder der Korrekturfaktoren ( $K(t, FS)$ ) gebildet werden.

5. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Bewertung der Toleranzen ( $G_{1(t, FS)}$ ) der Korrekturfaktoren ( $K(t, FS)$ ) nach in der Lernphase (Phase 1) in Abhängigkeit von der Fahrsituation (FS) und von dem Fortschritt ( $t$ ) des Lernverfahrens erreichten Genauigkeitsschwellen ( $G_{10}, G_{10'} \dots$ ) erfolgt.

6. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfindlichkeitsschwellen ( $G_{20}, G_{20'} \dots$ ) in Abhängigkeit von der Fahrsituation variiert werden.

7. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die Empfindlichkeitsschwellen ( $G_{20}, G_{20'} \dots$ ) in Abhängigkeit von der Fahrsituation und dem Fortschritt der Lernverfahrens (Phase 1) variiert werden.

8. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß die Lernphase (Phase 1) durch vorgegebene Ereignisse, wie Radmontage, Resetsignal, und/oder durch regelmäßig wiederkehrende Ereignisse, wie Fahrzeug- oder Motorstart, Zeitablauf usw., in Lauf gesetzt wird.

9. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die Lernphase (Phase 1) abgeschlossen wird, wenn die Korrekturfaktoren ( $K(t, FS)$ ) unter Berücksichtigung der jeweiligen Fahrsituation oder unter idealen Bedingungen eine vorgegebene Genauigkeitsschwelle ( $G_{10}$ ) erreicht haben.

10. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß die Identifizierungsphase (Phase 2) erst nach Abschluß der Lernphase (Phase 1) gestartet wird.

11. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß die Identifizierungsphase (Phase 2) gestartet wird, sobald in der Lernphase (Phase 1) eine Mindest-Genauigkeitsschwelle ( $G_{10}$ ) erreicht ist.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß mehrere Genauigkeitsschwellen ( $G_{10}, G_{10'} \dots$ ) vorgegeben werden und daß die Empfindlichkeitsschwelle ( $G_{20}, G_{20'} \dots$ ) in Abhängigkeit von der in der Lernphase erreichten Genauigkeitsschwelle ( $G_{10}, G_{10'} \dots$ ) variiert wird.

13. Schaltungsanordnung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, daß diese eine Tiefpaß-Filterschaltung (2, 2') zur Bildung der Geschwindigkeitskorrekturfaktoren ( $K(t, FS)$ ) auf Basis der Radgeschwindigkeitssignale ( $v(t)$ ) aufweist, daß die Dämpfungscharakteristik der Tiefpaß-Filterschaltung (2, 2') in Abhängigkeit von der Fahrsituation (FS), die das Ausgangssignal eines Fahrsituations-erkennungskreises (3, 3') wiedergibt, veränderbar ist, und daß Schaltkreise (6) zur Ermittlung oder Abschätzung der von der Fahrsituation abhängigen Toleranzen ( $G_{1(t, FS)}$ ) und Schaltkreise (7) zur Ermittlung oder Abschätzung der von der Fahrsituation abhängigen Abweichungen ( $G_{2(t, FS)}$ ) von den Geschwindigkeitskorrekturfaktoren vorhanden sind.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

- Leerseite -

Fig. 1

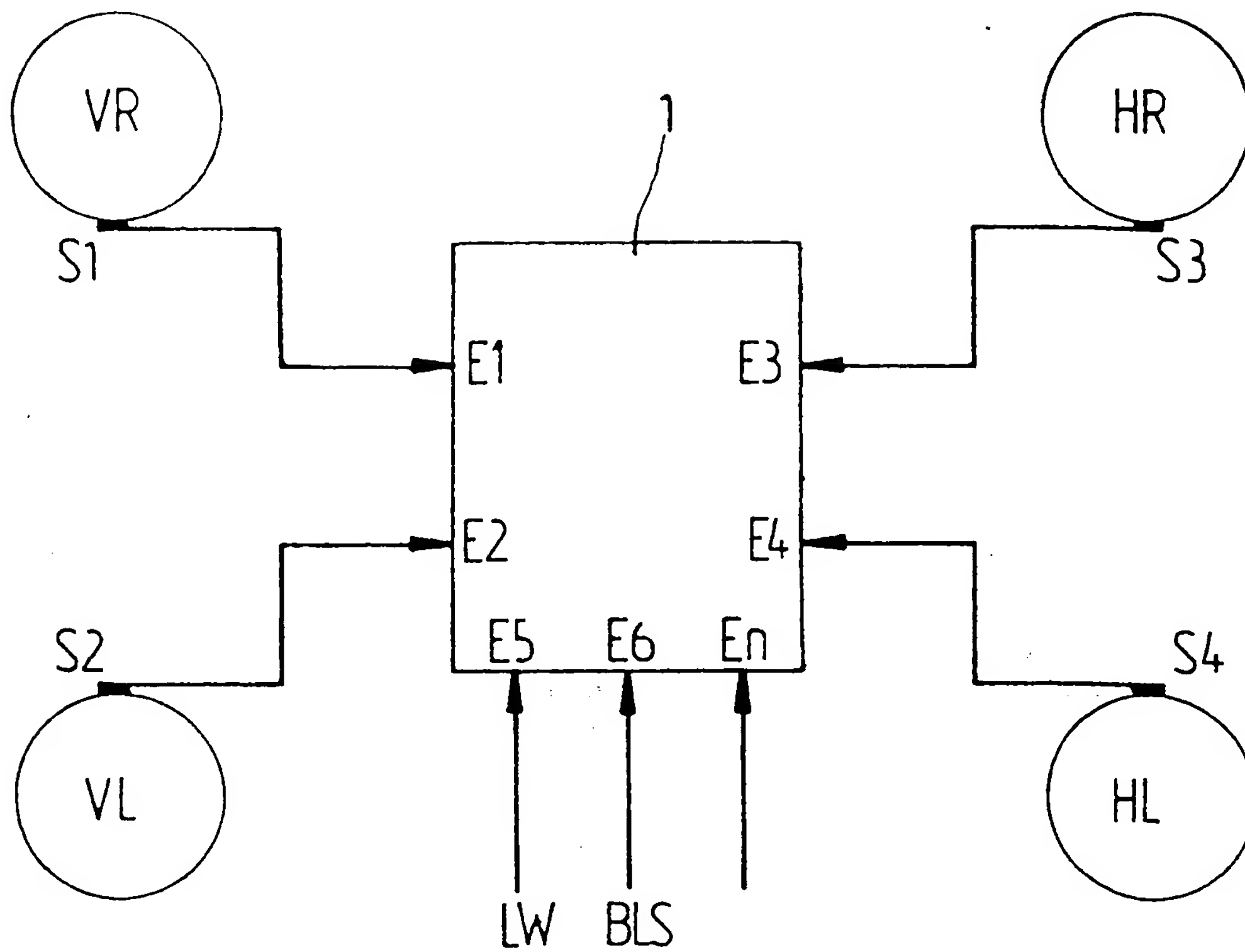
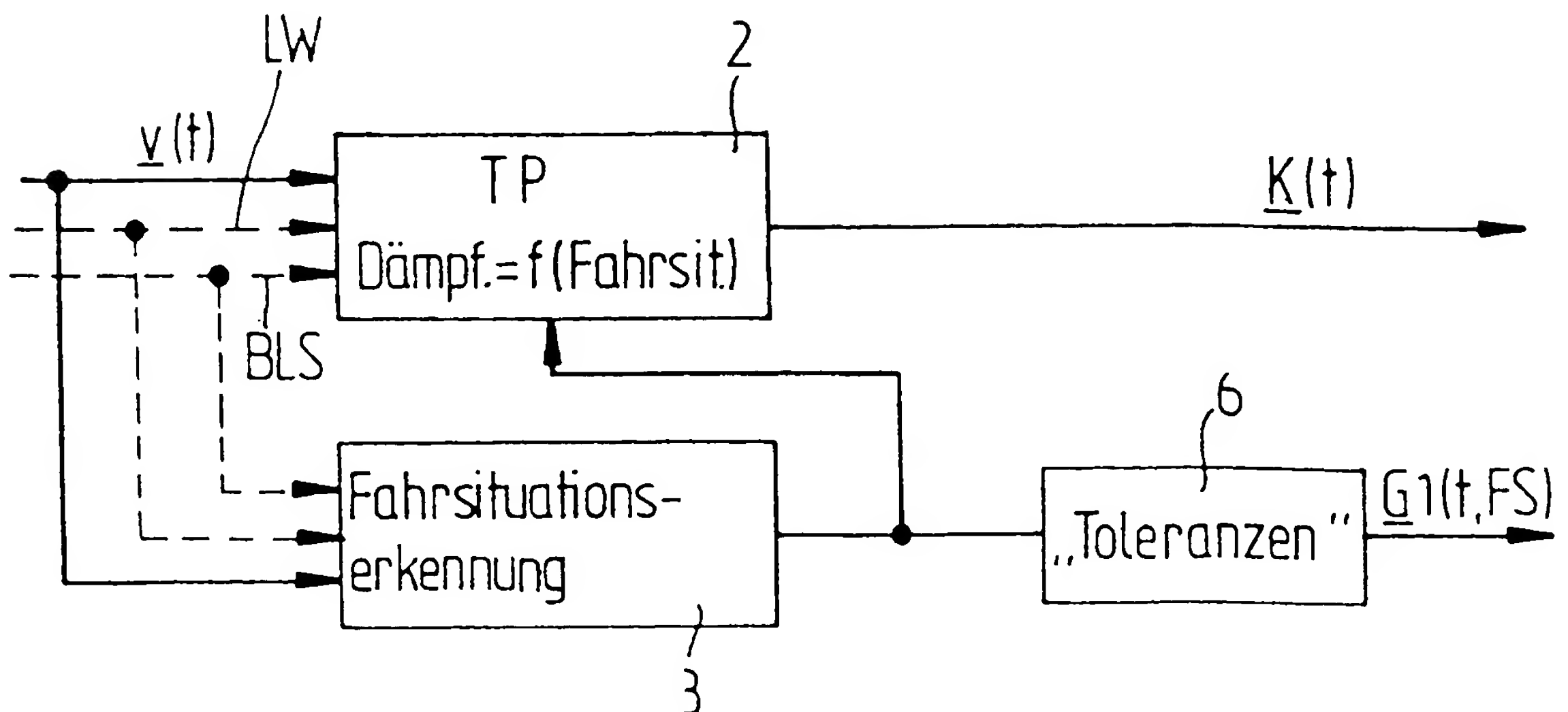


Fig. 2



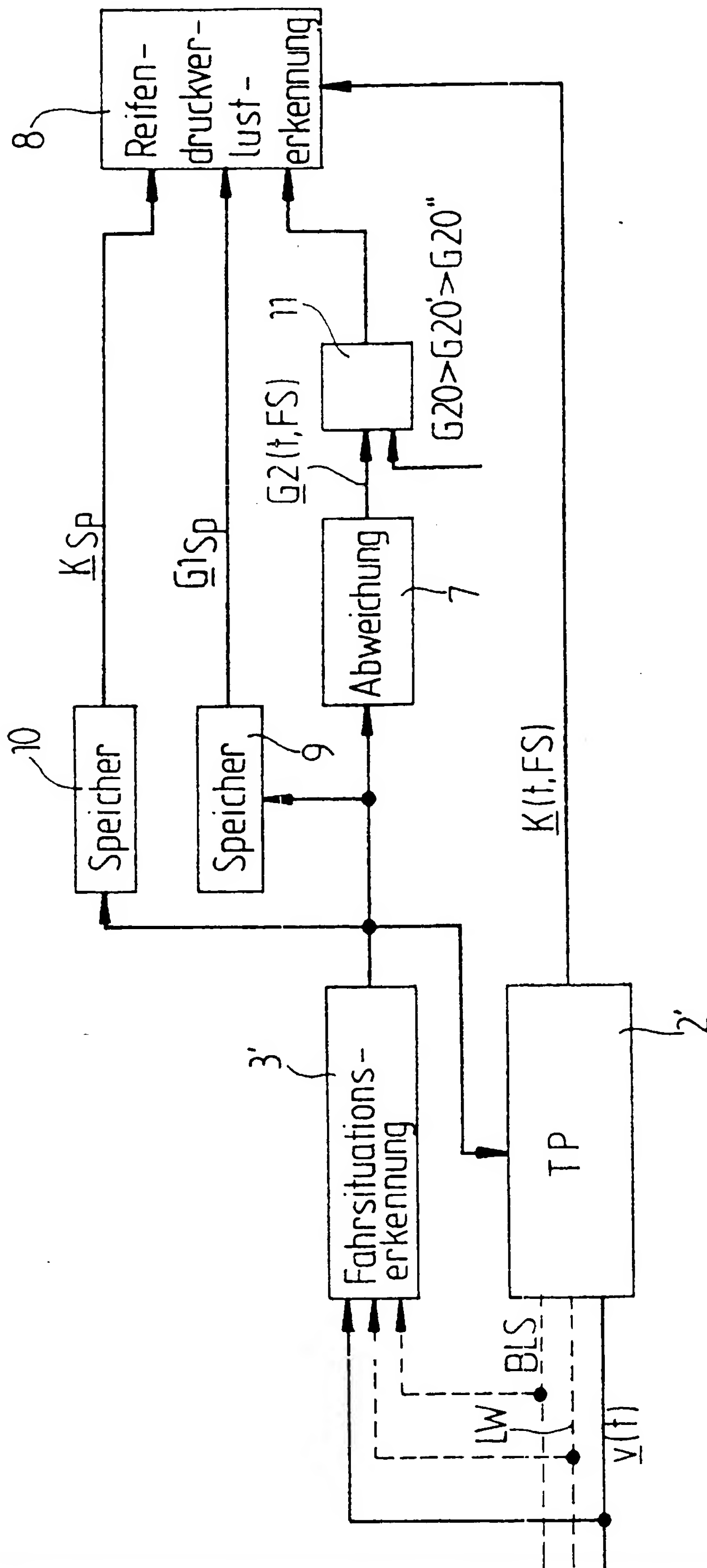


Fig. 3